

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3430766 A1**

⑤① Int. Cl. 4  
**G02B 6/14**

②① Aktenzeichen: P 34 30 766.4  
②② Anmeldetag: 21. 8. 84  
④③ Offenlegungstag: 6. 3. 86

DE 3430766 A1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦② Erfinder:  
Stocker, Helmut, Dr.-Ing., 8000 München, DE

⑤④ **Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung**

Zur Modenmischung bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle gespeisten Lichtwellenleiter ist dieser in der Nachbarschaft der Lichtquelle formschlüssig von einem unter nichtmechanischer Anregung sich elastisch verengenden Körper umgeben, der wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt wird. Dabei kann es sich um einen piezoelektrischen oder um einen magnetostriktiven Körper handeln.

FIG 1

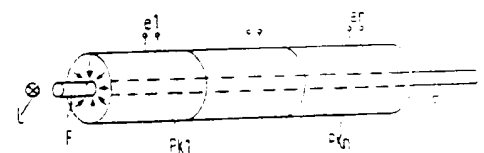
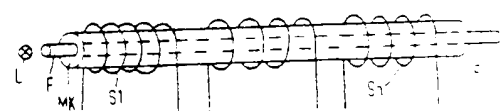


FIG 2



DE 3430766 A1

Patentansprüche

1. Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle (L) gespeisten Lichtwellenleiter  
5 (F) unter Einwirkung mechanischer Kräfte auf mindestens einen vorzugsweise der Lichtquelle (L) unmittelbar benachbarten Lichtwellenleiterabschnitt,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß der (die) Lichtwellenleiterabschnitt(e) formschlüs-  
10 sig jeweils von einem unter nichtmechanischer Anregung sich elastisch verengenden Körper (PK) umgeben ist (sind), der periodisch oder unregelmäßig wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt wird.
- 15 2. Anordnung nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß mindestens ein solcher Lichtwellenleiterabschnitt formschlüssig von einem piezoelektrischen Körper (PK)  
umgeben ist.
- 20 3. Anordnung nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß mindestens ein solcher Lichtwellenleiterabschnitt formschlüssig von einem magnetostriktiven Körper  
25 umgeben ist.

30

35

3430766

Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München

2. Unser Zeichen  
VPA 84 P 16210E

5

Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung.

---

10

Neuere Entwicklungen der Fernmeldetechnik führen zunehmend zu Telekommunikationssystemen, in denen eine Nachrichtenübertragung mit Hilfe von in Fasern bestimmten Brechungsindexprofilen geführten Lichtwellen (Lichtstrahlen) vor sich geht. Die Lichtwellenleiter-  
15 Technik unterscheidet dabei verschiedene Fasertypen, so die Multimode-Stufenindexfaser, die (Multimode-)Gradientenfaser und die Monomode(-Stufenindex)-Faser.

20

In einer Multimode-Faser, d.h. in einem Lichtwellenleiter, dessen Kerndurchmesser groß ist gegenüber der Lichtwellenlänge, ist eine Vielzahl von Lichtwellenformen (Moden) ausbreitungsfähig, die sich u.a. durch Feldverteilung und Ausbreitungsgeschwindigkeit  
25 unterscheiden. Solange sich diese Wellenmoden unabhängig voneinander ausbreiten, ist die Übertragungsbandbreite der Faser infolge der durch Überlagerung von Moden verschiedener Laufzeit hervorgerufenen Signalverzerrung (Modendispersion) reziprok zur Faserlänge.  
30 Durch Inhomogenitäten der Fasergeometrie und des Brechungsindexprofils kommt es indessen zu einer allmählichen Energiediffusion zwischen verschiedenen Moden:

35 An der Grenzfläche zwischen Faserkern und Faserman-  
tel entsteht durch geometrische Unregelmäßigkeiten

die sog. Wellenleiterstreuung, die zum einen bewirken kann, daß zwischen den einzelnen im Faserkern geführten Moden ein Energieaustausch (Modenkopplung) stattfindet, was den Effekt der Modendispersion entsprechend verringert; zum anderen bewirkt diese Streuung einen Energieaustausch von den (im Faserkern) geführten Moden zu den Strahlungs-Moden im Fasermantel, die dadurch angeregt werden (und damit zu einer erhöhten Dämpfung führen).

- 10 Ähnlich wie bei der Wellenleiterstreuung verursachen kleine Faserkrümmungen (in der Größenordnung einiger mm) einen Energieaustausch von den Außenmoden des Faserkerns in die Strahlungs-Moden des Fasermantels, die dadurch angeregt werden (und damit wiederum
- 15 Dämpfungsverluste in Lichtwellenleiter bewirken).

Ebenso führt eine Faserverdünnung, bei der im Faserkern geführtes Licht unter steilerem Winkel auf die Innenseite des Fasermantels trifft, dazu, daß Licht in den Fasermantel Überkoppelt; von dort zieht

20 es sich bei nachfolgender hinreichender Aufweitung des Querschnitts wieder in den Faserkern zurück.

Als Folge der Modenmischung hat die Bandbreite langer Multimodefasern einen höheren Wert, als er sich aus Messungen an kurzen Fasern bei linearer Extrapolation

25 ergibt.

Die in einem Lichtwellenleiter geführte Lichtleistung ist in der Praxis meist nicht gleichmäßig auf alle ausbreitungsfähigen Moden verteilt, insbesondere darum,

30 weil diese von der Lichtquelle, bedingt durch deren Art und Positionierung und die daraus resultierenden Lichteinkoppelbedingungen, nicht gleichmäßig angeregt wurden. Wieviel Licht aus einer gegebenen Lichtquelle überhaupt in die Faser eingekoppelt werden kann,

- hängt von der numerischen Apertur  $A_N$  - d.i. der Sinus  $\sin \theta_A = \sqrt{n_{\text{Kern}}^2 - n_{\text{Mantel}}^2}$  des sog. Akzeptanzwinkels  $\theta$ , um den eingekoppelte Lichtstrahlen maximal von der Faserachsrichtung abweichen dürfen - , von dem jeweiligen Faserkernradius und von dem jeweiligen
- 5 Brechungsindexprofil ab. So wird bei Lichteinkopplung durch eine im Vergleich zum Faserkernquerschnitt großflächige (Lumineszenz-)Diode z.B. von einer Stufenindexfaser, bei der der Akzeptanzwinkel über den Faserkernradius hinweg konstant ist, zweimal so
- 10 viel an Lichtleistung akzeptiert wie von einer Gradientenfaser, bei der der Akzeptanzwinkel von der Faserachse zum Fasermantel hin immer kleiner wird. Bei Lichteinkopplung durch eine Lichtquelle mit
- 15 kleiner strahlender Fläche oder mit scharfer Lichtbündelung (kleinflächige Lumineszenz- bzw. Laserdiode) ist die Gradientenfaser weniger benachteiligt, doch ist gerade in solchen Fällen die Strahldichte im Lichtwellenleiter ungleichmäßig verteilt.
- 20 Aus den vorstehenden Darlegungen wird ersichtlich, daß sich insbesondere bei von optischen Sendern mit verhältnismäßig kleinem Leuchtfleckdurchmesser gespeisten Lichtwellenleitern eine stationäre Modenleistungsverteilung erst nach längerer Laufzeit
- 25 auf dem Lichtwellenleiter einstellt. Um schon nach möglichst kurzer Laufzeit zu einer stationären räumlichen und winkelmäßigen Verteilung des Lichts längs des Faserkerns zu gelangen, kann man einen Modenmischer vorsehen, der das Wellenleiter-Licht entsprechend
- 30 vermischt bzw. verkoppelt. In diesem Zusammenhang ist es (aus DE-OS 29 44 977) bekannt, zwischen der Lichtquelle und dem eigentlichen Lichtwellenleiter einen durch hintereinander angeordnete Lichtwellenleiterstücke unterschiedlicher
- 35

3430766

- 5 -

- 4 -

VPA 84 P 1621DE

- Brechungsindexverteilung gebildeten Modenmischer einzu-  
fügen, der einen Energieaustausch unter den in den  
Lichtwellenleiter eingekoppelten Wellenmoden bewirkt.  
Um zusätzlich auch das von einer Lichtwelle geringerer  
5 numerischer Apertur ausgestrahlte Licht im Licht-  
wellenleiter auf dessen volle numerische Apertur  
auszuweiten, ist es (aus DE-OS 32 18 014) auch be-  
kannt, in dem zwischen Lichtquelle und Lichtwellen-  
leiter eingefügten Lichtwellenleiterstück neben den  
10 von der Lichtquelle eingespeisten Wellenmoden weitere  
neue Wellenmoden anzuregen und dazu an mindestens  
einer Stelle des Lichtwellenleiterstücks, vorzugs-  
weise an der Splei3stelle zweier Lichtwellenleiter-  
Teilstücke, eine dazu parallel liegende kurze Blind-  
15 faser seitlich anzuschmelzen, so daß aufgrund der  
dabei entstehenden Krümmung des lichtleitenden Faser-  
kerns an dieser Stelle zusätzliche neue Wellenmoden  
angeregt werden.
- 20 Der Einsatz von Modenmischern ist natürlich auch mit  
entsprechenden Dämpfungseffekten verbunden, und die  
Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, solche Dämpfungs-  
effekte zu verringern.
- Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Modenmischung  
25 bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle gespeisten  
Lichtwellenleiter unter Einwirkung mechanischer Kräfte  
auf mindestens einen vorzugsweise der Lichtquelle un-  
mittelbar benachbarten Lichtwellenleiterabschnitt;  
diese Anordnung ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeich-  
30 net, daß der (die) Lichtwellenleiterabschnitt(e) form-  
schlüssig jeweils von einem unter nichtmechanischer  
Anregung sich elastisch verengenden Körper umgeben ist  
(sind), der periodisch oder in unregelmäßigen zeitlichen  
Abständen wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt  
35 wird.
- In einer solchen Anordnung kommt es einerseits nach

- Maßgabe der wiederholt angeregten Verengung der die Lichtwellenleiterabschnitte formschlüssig umgebenden Körper und der damit bewirkten elastischen Deformation der eingeschlossenen Lichtwellenleiterabschnitte
- 5 zu einer Modenmischung bzw. -anregung, wobei diese elastische Deformation andererseits nur eine ihrem zeitlichen Mittelwert entsprechende Dämpfung der Übertragenen Lichtleistung mit sich bringt; damit wird aber die prinzipielle Möglichkeit zu einem Aus-
- 10 gleich zwischen Forderungen nach einer wirksamen Modenmischung bzw. -anregung und nach einer geringen Einfügungsdämpfung der Anordnung eröffnet.
- 15 Weitere Besonderheiten der Erfindung werden aus der nachfolgenden näheren Erläuterung zweier Ausführungsbeispiele einer Anordnung gemäß der Erfindung anhand der Zeichnung ersichtlich.
- 20 In der Zeichnung ist in FIG 1 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung gemäß der Erfindung dargestellt, in dem eine Lichtwellen leitende Faser F in der Nähe einer in FIG 1 nur schematisch angedeuteten speisenden Lichtquelle L durch piezoelektrische Hohlzylinder
- 25 PK1,...PKn hindurch verläuft, von denen sie dabei formschlüssig umgeben ist. Die Möglichkeit, Piezokeramik in vielfältigen geometrischen Formen herzustellen, ist an sich bekannt, so dass hier darauf nicht weiter eingegangen zu werden braucht. Bei Anlegen einer elektri-
- 30 schen Spannung an die in FIG 1 nur schematisch angedeuteten Leitungsanschlüsse el,...en der piezoelektrischen Hohlzylinder mögen sich diese elastisch verengen, wie dies in FIG 1 durch entsprechende radial nach innen weisende Pfeile angedeutet ist; dabei üben die Zylinder
- 35

- PK auf die Lichtleitfaser F einen entsprechenden Druck aus, der zu einer elektrischen Deformation der Lichtleitfaser F führt. Schaltet man die elektrische Spannung wieder ab, so klingen die Verengung der piezokeramischen
- 5 Hohlzylinder PK und die entsprechende Deformation der Lichtleitfaser F wieder ab. Wird von der Lichtquelle L Licht in die Lichtleitfaser F eingespeist, so kommt es aufgrund der Deformation der Lichtleitfaser F in dieser zu einer Modenmischung bzw. -anregung.
- 10 Durch periodisches (oder auch unregelmäßig vor sich gehendes) An- und Abschalten der Steuerspannung oder auch durch Anlegen einer Wechsel- bzw. Mischspannung gewählter Frequenz kann dann eine sich entsprechend wiederholende Verengung (und Wiederausweitung) der
- 15 piezoelektrischen Hohlzylinder PK und damit eine entsprechende Modenmischung bzw. -anregung in der Lichtleitfaser F bewirkt werden.

- In FIG 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung gemäß der Erfindung dargestellt, in dem eine Lichtwellen leitende Faser F von einem magnetostriktiven Körper MK formschlüssig umgeben ist, der seinerseits im Magnetfeld von Spulen S<sub>1</sub>,...S<sub>n</sub> liegt. Fließt durch die Spulen S ein Strom, so möge sich der magneto-
- 25 striktive Körper MK elastisch verformen und eine entsprechende Deformation der Lichtleitfaser F bewirken; wird der Strom wieder abgeschaltet, so klingen diese Verformungen wieder ab. Wird von der in FIG 2 wiederum nur schematisch angedeuteten Lichtquelle L Licht in die
- 30 Lichtleitfaser F eingespeist, so kommt es aufgrund der Deformation der Lichtleitfaser F in dieser zu einer Modenmischung bzw. -anregung. Durch periodisches (oder auch unregelmäßig sich gehendes) An- und Abschalten des Steuerstroms oder auch durch Anschalten eines
- 35 Wechsel- bzw. Mischstromes gewählter Frequenz kann

3430766

.8-

VPA

84 P 1621 DE

- 7 -

dann eine sich entsprechend wiederholende Deformation  
des magnetostriktiven Körpers MK und damit eine ent-  
sprechende Modenmischung bzw. -anregung in der Licht-  
5 leitfaser L bewirkt werden.

In der Zeichnung ist eine gerade Durchführung der Licht-  
leitfaser F durch den sie formschlüssig umgebenden,  
zu elastischer Verformung wiederholt angeregten Körper  
10 (PK in FIG 1, MK in FIG 2) dargestellt, ohne daß die  
Erfindung indessen darauf beschränkt wäre; die Durch-  
führung kann vielmehr in ihrem Verlauf ggf. auch ein-  
oder mehrfach gekrümmt oder auch gewunden sein, ohne  
daß dies in der Zeichnung noch dargestellt werden  
15 müßte.

20

25

30

35

3430766

Nummer: 34 30 766  
 Int. Cl. G 02 B 6/14  
 Anmeldetag: 21. August 1984  
 Offenlegungstag: 6. März 1986

3.

FIG 1

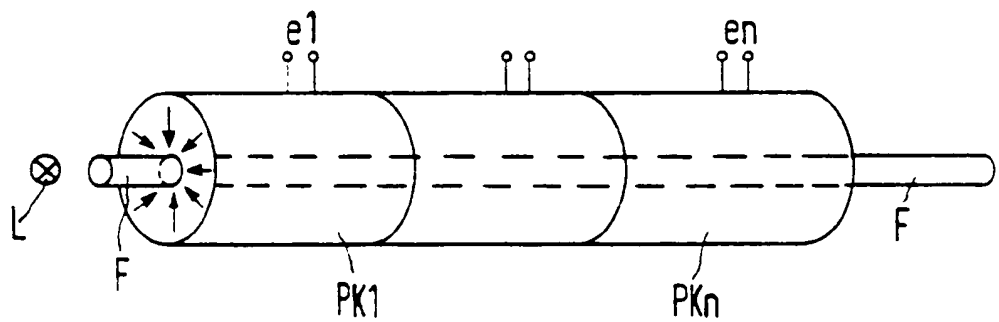


FIG 2

